

L.-P. Erasmus, S. Sarno, R. Hölzl

Bestimmung der lokalen Diskrimination
viszeraler Dehnungsreize durch adaptive,
selbstkalibrierende Prozeduren

Forschungsgruppe Psychophysiologie

Nr. 22

F O R S C H U N G S B E R I C H T E

AUS DEM

OTTO - SELZ - INSTITUT

FÜR

PSYCHOLOGIE UND ERZIEHUNGSWISSENSCHAFT

DER

UNIVERSITÄT MANNHEIM (WH)

L.-P. Erasmus, S. Sarno, R. Hölzl

Bestimmung der lokalen Diskrimination
viszeraler Dehnungsreize durch adaptive,
selbstkalibrierende Prozeduren

Forschungsgruppe Psychophysiologie

Nr. 22

Englische Fassung in Vorbereitung zur Publikation in
Journal of Psychophysiology

Diese Arbeit wurde von der Deutschen Forschungsgemeinschaft unterstützt (Ho 904/5).

1. Einführung

Die Verarbeitung interozeptiver Reize ist von zentraler Bedeutung für die Steuerung der entsprechenden Körperfunktionen. Im Bereich des unteren Gastrointestinaltrakts ist die Untersuchung interozeptiver Vorgänge wichtig für das Verständnis bisher unklarer Mechanismen bei Verdauungs- und Entleerungsprozessen und hat unmittelbaren Einfluß auf die Therapie neurologischer und psychosomatischer Störungen, deren Symptomatik sich auf diese Region konzentriert. Die mit großem Erfolg angewandten Methoden von Cerulli et al. (1979) in der Therapie rektaler Inkontinenz funktionieren zum Beispiel nur, wenn die Wahrnehmungsschwelle von intrarektalen Dehnungsreizen unterhalb von 50 ml liegt, weil sie auf dem Konzept einer bewußten Wahrnehmung des Dehnungsreizes aufbauen. Bei Aufhebung dieser Beschränkung kann damit gerechnet werden, daß auch Patienten mit einer geringeren Wahrnehmungsfähigkeit behandelt werden könnten.

Frühere Untersuchungen haben gezeigt, daß gute Aussichten bestehen, dieses Ziel zu erreichen. Es konnte gezeigt werden (Hölzl et al, 1990), daß Probanden in der Lage sind, auch unterhalb der Schwelle für bewußte Wahrnehmung die zeitliche Zuordnung eines Reizes zu einem zweier möglicher Reizintervalle überzufällig oft korrekt vorzunehmen. Adám konnte bereits früher zeigen (Adám et al, 1965), daß im Spontan-EEG Diskrimination zweier örtlich verschiedener Dehnungsreize nachgewiesen werden kann, ohne daß der Reiz selbst den Probanden bewußt geworden wäre. Hefferline und Perrera (1963) zeigten schließlich, daß im Bereich exterozeptiver Reize auch die Konditionierung auf nicht bewußt wahrgenommene Stimuli möglich ist.

Die meisten Methoden zur Konditionierung setzen jedoch eine bewußte Wahrnehmung sowohl des konditionierenden als auch des konditionierten Reizes voraus. Diese Voraussetzung ist im Bereich der gastrointestinalen Interozeption unter natürlichen Bedingungen nur ausnahmsweise erfüllt. In der Regel bleiben die Aktivitäten des Magen-Darm-Traktes hingegen unbemerkt. Eine Kernfrage ist daher, ob es gelingen kann, schwache, d.h. nicht oder nur gelegentlich bewußt wahrgenommene interozeptive Reize auf überschwellige exterozeptive Reize zu konditionieren. Es erscheint offensichtlich, daß ein Versuch nur Erfolg haben kann, wenn das Verhältnis der Intensitäten von exterozeptiven zum interozeptiven Reiz in einem bestimmten Bereich liegt und andererseits die Stärke des interozeptiven Reizes nicht zu weit unterschwellig ist. Daraus ergibt sich das Problem der Kalibrierung von Dehnungsreizen im schwellennahen Bereich.

Eine absolute physikalische Kalibrierung erscheint dabei wenig aussichtsreich. Wie gezeigt wurde (Erasmus, 1991) ist die Wahrnehmung intraluminaler Dehnungsreize von Ballonvolumen, Wandkräften, Anstiegsgeschwindigkeit und Reizdauer abhängig. Während Anstiegsgeschwindigkeit und Reizdauer mit technischen Hilfsmitteln konstant gehalten werden können, ist dies bei Ballonvolumen und Wandkräften aus prinzipiellen Gründen nicht der Fall. Das Verhältnis von Ballonvolumen und durch die Darmwand auf den Ballon ausgeübter Kraft hängt von der Elastizität der Darmwand ab, die ihrerseits keinesfalls eine Konstante ist, sondern durch zahlreiche efferent nervöse und humorale Faktoren beeinflusst wird. Eine Modifikation der Elastizität wurde in Einzelfällen bereits demonstriert (Erasmus, 1991).

Erfolgversprechender erscheint daher der Ansatz, die Kalibration der Reizung nicht absolut physikalisch, sondern relativ an der Wahrnehmung des Probanden/Patienten vorzunehmen. Dabei wird zunächst die exterozeptive oder interozeptive Schwelle bestimmt. Danach erfolgt die Kalibrierung der Signale durch direkten Vergleich mit einander. Es erhebt sich dabei die Frage, wie der Vergleich zweier Intensitäten auf unterschiedlichen Skalen wie z.B. Lautstärke und Dehnungsintensität erfolgen soll. Zur Klärung der zahlreichen methodischen Probleme wurde daher ein Vorexperiment angesetzt, das insbesondere zeigen sollte, ob eine derartige "subjektive" Kalibrierung als Werkzeug der Psychophysik in der Interozeption geeignet ist. Außerdem sollten die Randbedingungen geklärt werden, unter denen ein Experiment zur extero-interozeptiven Konditionierung funktionieren könnte.

2. Methodik

2.1. Apparatur

2.1.1 Untersuchungs sonden

Die Dehnung des Kolons erfolgt mit einer kleinfingerstarken, flexiblen Sonde, auf der drei Ballons im Abstand von je 7 bzw. je 10 cm angebracht sind. Die Füllung der Ballons erfolgt durch Schläuche im Inneren der Sonde. Das elastische Verhalten der Ballonschläuche erlaubt eine Applikation definierter Dehnungsreize (Erasmus et al., 1992).

2.1.2 Reizsteuerung

Als Pumpe wird eine motorgetriebene Spritzenpumpe verwendet, die die Applikation von Dehnungsvolumina von 0 bis 500 ml in Stufen von 0.1 ml mit kontrollierbarer Geschwindigkeit zwischen 0 bis 50 ml/s in Stufen von 0.1 ml/s erlaubt. Der Aufbau von Grundfüllungen geschieht regelmäßig mit 0.3 ml/s, die Applikation von Reizen mit 50 ml/s. Ein spezielles Ventilsystem erlaubt die Verteilung der Dehnungsreize auf zwei verschiedene Ballons. Die Kontrolle von Pumpe und Ventilen erfolgt durch einen Laborrechner (LSI 11/74). Weitere Einzelheiten können einer speziellen Arbeit über die methodischen Probleme entnommen werden (Erasmus et al., 1992).

2.1.3 Registrierung der physiologischen Signale und psychophysikalischen Reaktionen

Auf einem Vielkanalschreiber wurden die wichtigsten physiologischen und psychophysikalischen Reaktionen (Reizvolumen, Druck auf drei Ballonen, Herzrate, Atmung und elektrodermale Aktivität sowie alle Antworten des Probanden) aufgezeichnet, sowie zur Identifikation die Zeitstruktur des Experiments mitregistriert (s. Abb. 1).

2.2. Versuchspersonen

Entsprechend dem Zweck dieser Untersuchung wurden zunächst zwei Probanden ausführlich unter Variation der Randbedingungen mehrfach untersucht. Die dabei entwickelte Prozedur wurde an weiteren sechs Probanden systematisch durchgeführt. Für die Gruppenauswertung wurde der erste Proband ausgeschlossen, da bei ihm keine Untersuchung existierte, die voll vergleichbar mit den Untersuchungen der späteren Probanden gewesen wäre. Die resultierende Probandengruppe bestand aus drei gesunden Frauen und vier gesunden Männern im Alter von 23-42 Jahren.

2.3. Durchführung

2.3.1 Ablauf der Untersuchung

Zu Beginn der Untersuchung wurde die Dehnungs sonde nur mit Hilfe neutraler Gleitmittel rektal appliziert. Die Spitze der Sonde lag dabei 45 cm vom Anus entfernt, die Mitte des proximalen Ballons 42 cm, des mittleren 35 cm, des distalen 28 cm vom Anus. Über die Mitte des unteren Abdomen wurde das Luftkissen einer Dehnungsmanschette (Größe 10x20cm) gelegt und mit einem

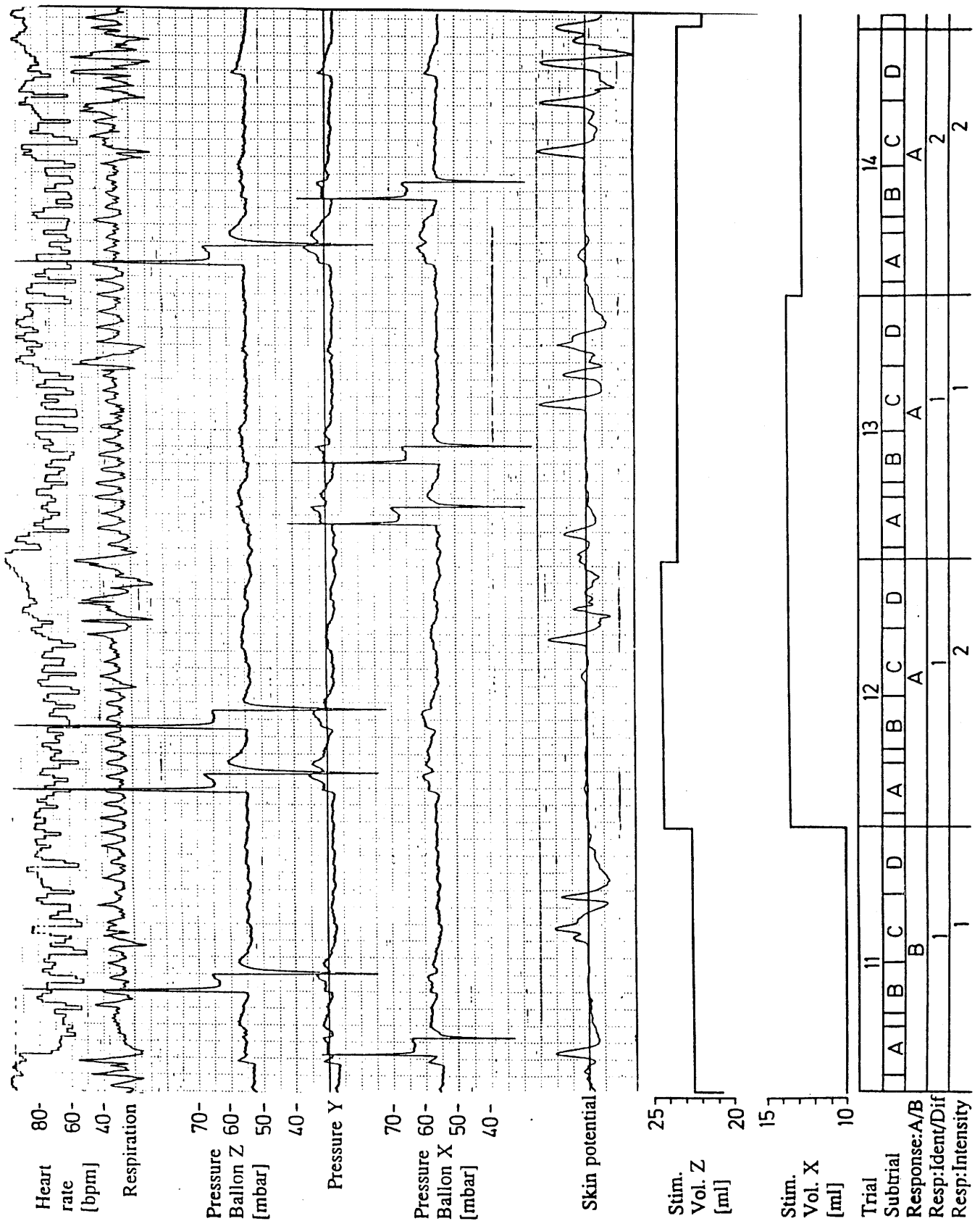


Abb. 1: Ausschnitt aus einem Mitschrieb der Untersuchung. Von oben nach unten: Herzrate, Atmung, Ballondruck am distalen (Z) mittleren (Y) und proximalen Reizort (X), Hautpotential, Reizvolumen im jeweiligen Abschnitt distal, Reizvolumen proximal, Trialnummer (von 0 bis 29), Subtrial (A = Abschnitt A, B = Abschnitt B, C = Antwort, D = Pause), Antworten der Vpn.

elastischen Gurt fixiert, so daß bei Füllung des Kissens ein diffuser Druck auf das Abdomen ausgeübt werden konnte. Danach wurden alle Ballons und das Luftkissen mit Luft vorgefüllt. Das Füllvolumen der Ballons betrug jeweils 20 ml, das Luftkissen wurde solange aufgefüllt, bis der Druck im Kissen etwa dem des distalen Ballons entsprach. Dies war aus technischen Gründen notwendig, um die Fehler bei Umschaltvorgängen möglichst klein zu halten. Schließlich wurden die Elektroden zur Messung von Herzrate, Atmung und Hautpotential appliziert. Die Wahrnehmungsuntersuchung bestand aus 5 Teilen

- a) Messung der Sensitivität des Kolons durch Einfachtracking in X und Z
- b) Messung der Sensitivität des Kolons in Y bei einzelnen Vpn
- c) Messung der Verbundschwelle intern/intern (X vs. Z) durch Doppeltracking
- d) Messung der Sensitivität der Bauchdecke (M) auf Druckreize durch Einfachtracking
- e) Messung der Verbundschwelle extern/intern (M vs. Z) durch Doppeltracking

2.3.2 Ablauf und Trialstruktur beim Einfachtracking

Zweck des Einfachtrackings ist die Bestimmung der Einzelschwellen an den verschiedenen Reizorten X, Y, Z, M, um einen Startwert für das Doppeltracking zu erhalten.

Jeder Durchgang des Einzeltrackings besteht aus 13-15 Trials. Die ersten drei bis fünf Trials wurden als "Einfangserie" bezeichnet, der Rest als Trackingserie. Jeder Trial bestand aus 4 Subtrials A, B, C und D von jeweils etwa 15 sek, Länge. Im ersten oder im zweiten Subtrial wurde ein rechteckförmiger Dehnungsreiz von 5 sek Plateaudauer appliziert. Im Subtrial C wurde die Vpn befragt, in welchem der beiden vorangegangenen Subtrials die Dehnung erfolgt sei (Forced Choice). Subtrial D enthielt lediglich eine Pause von ca. 15 sek.

Bei falscher Antwort in der Trackingserie wurde das Volumen des nächsten Reizes erhöht, bei richtiger erniedrigt. Wegen des Forced-choice-Design wurde der Betrag der Erhöhung doppelt so groß gewählt wie der der Erniedrigung, wodurch bei freiem Raten des Subtrials mit Reiz das Reizvolumen ansteigt (s. Abb. 2, linker Teil).

Die Einfangserie diente zum schnellen Erreichen der Schwelle von zunächst deutlich überschwelligen Werten aus. Daher wurde während der Einfangserie der Koeffizient des Tracking-Algorithmus von 2:1 umgedreht, das heißt, die Vergrößerung bei falscher Antwort war nur halb so groß wie die Verkleinerung bei richtiger. In der Regel wurden die Fragen in den ersten zwei Trials richtig beantwortet, die erste falsche danach führte zum Abbruch des Einfangens. Bei einer falschen Antwort lag also der Endpunkt des Einfangens zwischen dem kleinsten noch richtig lokalisierten Reiz und dem ersten falsch lokalisierten und somit in unmittelbarer Nähe der Wahrnehmungsschwelle. Beim 5. Einfangreiz wurde die Einfangserie in jedem Fall abgebrochen, in diesem Falle war der Endpunkt also leicht überschwellig.

2.3.3 Trialstruktur beim Doppeltracking

Das Doppeltracking diente der Bestimmung der Verbundschwellen und war der eigentliche Kern der Untersuchung. Da der Abstand zwischen den Ballons nicht verändert werden konnte, war die Bestimmung eines Schwellenabstandes nicht möglich. Statt dessen wurde die Reizintensität in beiden Ballons variiert. Dieses Vorgehen basiert auf der Annahme, daß die Reizorte bei größeren Reizen leichter zu unterscheiden sind als bei kleineren. Falls die Annahme richtig ist, läßt sich mit dieser Methode zwar nicht der Schwellenabstand selbst untersuchen, wohl aber ihre Veränderung durch moderierende Einflüsse. Sie hat zudem den Vorteil, daß die Kanäle nicht unbedingt die gleiche Modalität haben müssen, um verglichen werden zu können, ist also ideal geeignet für die

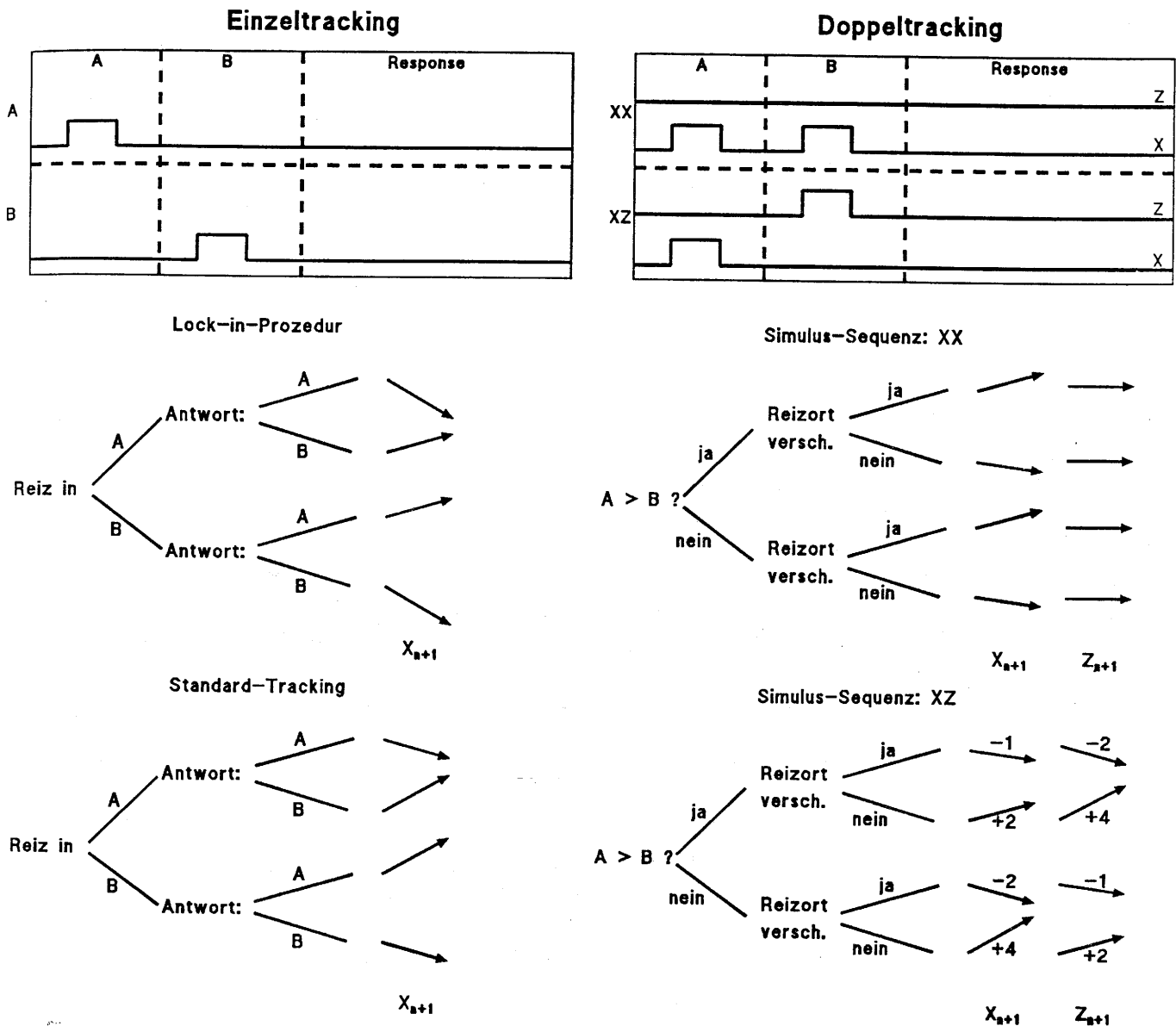


Abb. 2: Trialstruktur und Entscheidungsbaum für Einzeltracking (links) und Doppeltracking (rechts). Beim Einzeltracking erfolgt die Reizung in A oder B, und die Vpn wird gefragt, ob der Reiz in A oder in B war. Bei Übereinstimmung von Aussage der Vpn mit dem tatsächlichen Reizintervall wird der nächste Reiz kleiner, sonst größer. Die Vergrößerung bei falscher Antwort ist doppelt so groß wie die Verkleinerung bei richtiger, dadurch nimmt bei einem Anteil von 50% richtiger Antworten (Ratewahrscheinlichkeit) die Reizintensität zu.

Beim Doppeltracking erfolgt eine Reizung in A und in B, entweder im gleichen Ballon (XX oder ZZ) oder in verschiedenen (XZ oder ZX). Es sind nur XX und XZ wiedergegeben, ZZ und ZX wären symmetrisch. Die Richtigkeit der Antwort auf die Frage nach gleichem oder verschiedenem Reizort entscheidet über das gemeinsame Vorzeichen der Intensitätsänderungen beim folgenden Reiz: größer bei falscher Antwort, kleiner bei richtiger. Zusätzlich wurde das Intensitätsrating berücksichtigt: am Reizort des als stärker berichteten Reizes wurde die Intensität des nächsten Reizes weniger erhöht bzw. stärker reduziert als am schwächeren. Dadurch werden die Reize auf einander kalibriert. Reizpaare im gleichen Ballon hatten keinen Einfluß auf den anderen Ballon.

Untersuchung der Kopplung beliebiger Wahrnehmungskanäle.

Als Reizpaare wurden die Ballons der Sonde (Paare proximal-distal und medial-distal mit Abständen von 14 bzw. 7 cm von einander), sowie Sondenballon und externe Abdomenreizung verwendet, wobei in einem Durchgang jeweils nur ein Typ von Reizpaaren appliziert wurde. Der Durchgang bestand aus 30 Trials von je 1 Minute Dauer, wie beim Einzeltracking. Im Gegensatz zu diesem wurden allerdings in beiden Subtrials Reize appliziert, entweder am gleichen Ort (XX oder ZZ) oder an verschiedenen Orten (XZ oder ZX). Die Sequenzen waren dabei pseudozufällig über den Run verteilt. In jedem Run gab es je 6 Sequenzen vom Typ XX und XZ sowie 9 vom Typ XZ und ZX. Im Antworteabschnitt C waren drei Fragen zu beantworten:

- 1.) Erfolgten die Reize im gleichen Ort oder an verschiedenen Orten ?
- 2.) War der zeitlich erste oder zweite Reiz größer (forced choice) ?
- 3.) Wie groß war die Intensität auf einer 4-stufigen Rating-Skala ?

Bei großer Einschätzung der Intensität (3 oder 4) wurde zusätzlich die Schmerzhaftigkeit des Reizes abgefragt (4-stufige Skala: kein, leichter, deutlicher, starker Schmerz). Antworten von 3 oder 4 auf der Schmerzskala führten dann zum sofortigen Abbruch, wenn der Reiz danach noch erhöht hätte werden müssen, anderenfalls wurde nachgefragt, ob mit der Untersuchung fortgefahren werden solle (Abbruch auf Wunsch des Probanden).

Das Doppeltracking hatte ein doppeltes Ziel: Zum einen sollte die Reizstärke bestimmt werden, bei der eine Diskrimination zweier örtlich verschiedener Reize gerade möglich ist (in Ermangelung der Möglichkeit, den Abstand der Reizorte zu variieren). Zum anderen sollte erreicht werden, daß die Reize in beiden Ballons gleich stark wahrgenommen werden, weil anderenfalls bei kleinen Reizen die örtliche Diskriminationsaufgabe in eine simple Bestimmung der Absolutschwelle am sensibleren Reizort übergeht.

Daher wurde für die Applikation des folgenden Reizes jeweils sowohl die richtige oder falsche Wahrnehmung des gleichen oder verschiedenen Reizortes als auch die zeitliche Abgabe über den als stärker wahrgenommenen Reiz berücksichtigt (Abb. 2, rechter Teil).

Die Richtigkeit der Grundannahme, daß stärkere Reize besser lokal diskriminiert werden können als schwächere, wurde zunächst an zwei Pbn grob abgeschätzt. Dabei stellte sich heraus, daß sie nur innerhalb eines gewissen Bereiches gilt. Wird er überschritten, dann nimmt die Diskriminationsfähigkeit wieder ab. Dies ist in guter Übereinstimmung mit Untersuchungen verschiedener Autoren (z.B. Bloomfield & Polland, 1931 sowie Dawson, 1985), die keinen Zusammenhang des wahrgenommenen Ortes schmerzhafter Reize vom Ort der tatsächlichen Dehnung gefunden hatten.

Dieser Effekt kann dazu führen, daß der Trackingalgorithmus instabil wird, das heißt, die fehlende Diskrimination starker Reize führt zur weiteren Reizerhöhung, bis die Reize schließlich schmerzhaft werden die Serie daher abgebrochen werden muß. Zur Vermeidung dieser "Regelkatastrophe" wurde die Diskriminationsschwelle stets von unten, das heißt von einem Punkt weit unter der Stabilitätsgrenze angefahren. In der Praxis erwies sich der doppelte Wert der Wahrnehmungsschwelle (Volumenwert) als geeigneter Startwert. Außerdem wurde die Diskriminationsfähigkeit erhöht, indem die Richtigkeit oder Falschheit der Antwort zum Reizort (gleich oder verschieden) sofort nach der letzten Antwort des Probanden zurückgemeldet wurde. Dieses Feedback erlaubte dem Probanden, besser auch unklare interne Hinweise über den Reizort auszuwerten und führte daher zu einer Herabsetzung der Schwelle (Abb. 3) und dadurch zu einer Stabilisierung des Verfahrens. Schließlich wurde für die Variation der Reize eine lineare Abstufung gewählt, im Gegensatz zu den meisten psychophysikalischen Verfahren, die auf einer logarithmischen Abstufung beruhen. Dadurch liegen im Bereich zwischen Diskriminationsschwelle und Stabilitätsgrenze mehr Reizintensitätsstufen, was die Wahrscheinlichkeit eines "Davonlaufens" weiter reduziert.

Erste Erfahrungen zeigten, daß tatsächlich die Diskrimination der Reize auf der Unterscheidung

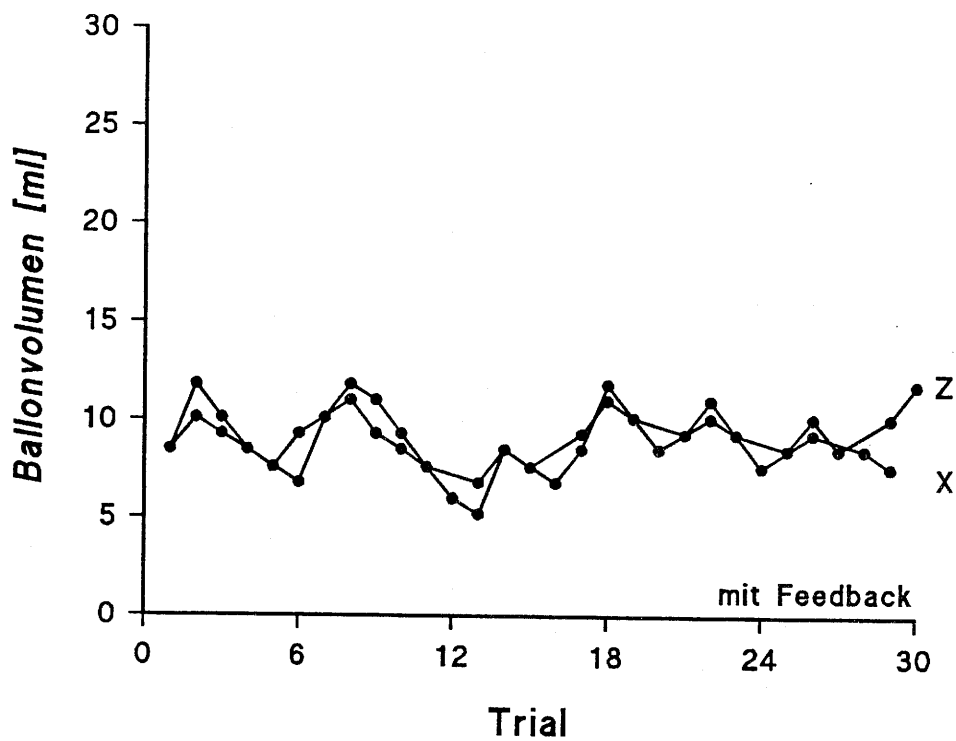
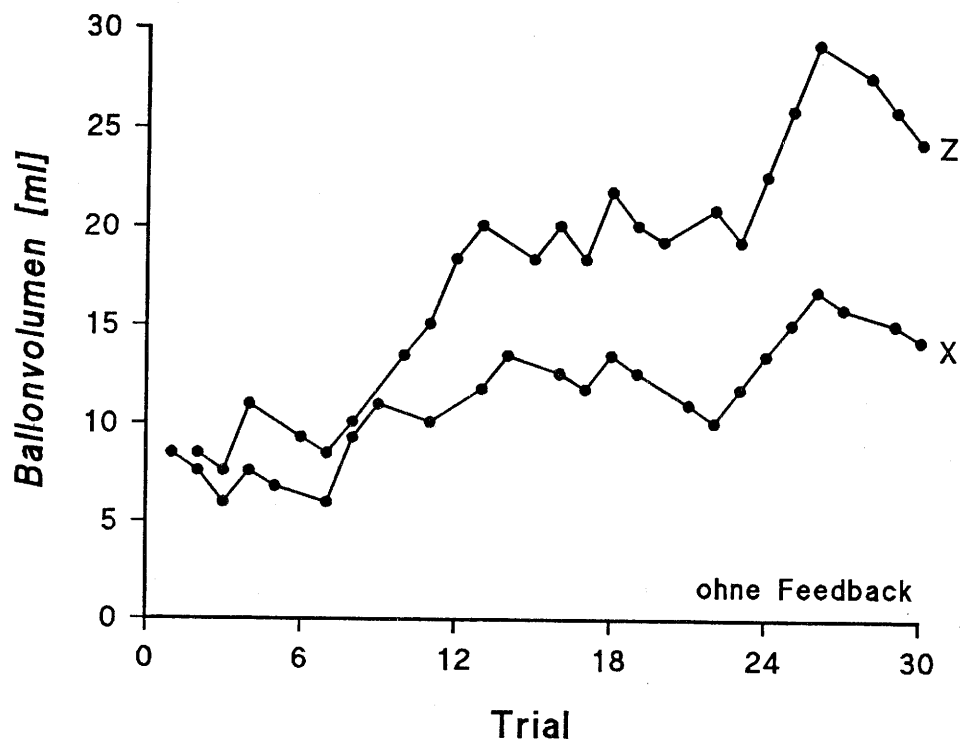


Abb. 3: Trackingverlauf bei der gleichen Vpn ohne (a) und mit Feedback (b). Während die Volumina beider Ballons ohne Feedback kontinuierlich ansteigen (keine Diskrimination möglich), ergeben sich mit Diskrimination stabile Schwellenwerte knapp oberhalb des Doppelten der Absolutschwelle, was als Startpunkt gewählt worden war.

verschiedener physikalischer Dimensionen beruht, die nur zum Teil klar identifiziert werden konnten. Der Beitrag von Volumen und Druck zur subjektiven Reizstärke kann jedoch für jede Vpn individuell bestimmt werden. Abb. 4 zeigt das Beispiel einer Vpn, deren Intensitätsrating im wesentlich auf Volumenänderungen zurückzuführen war.

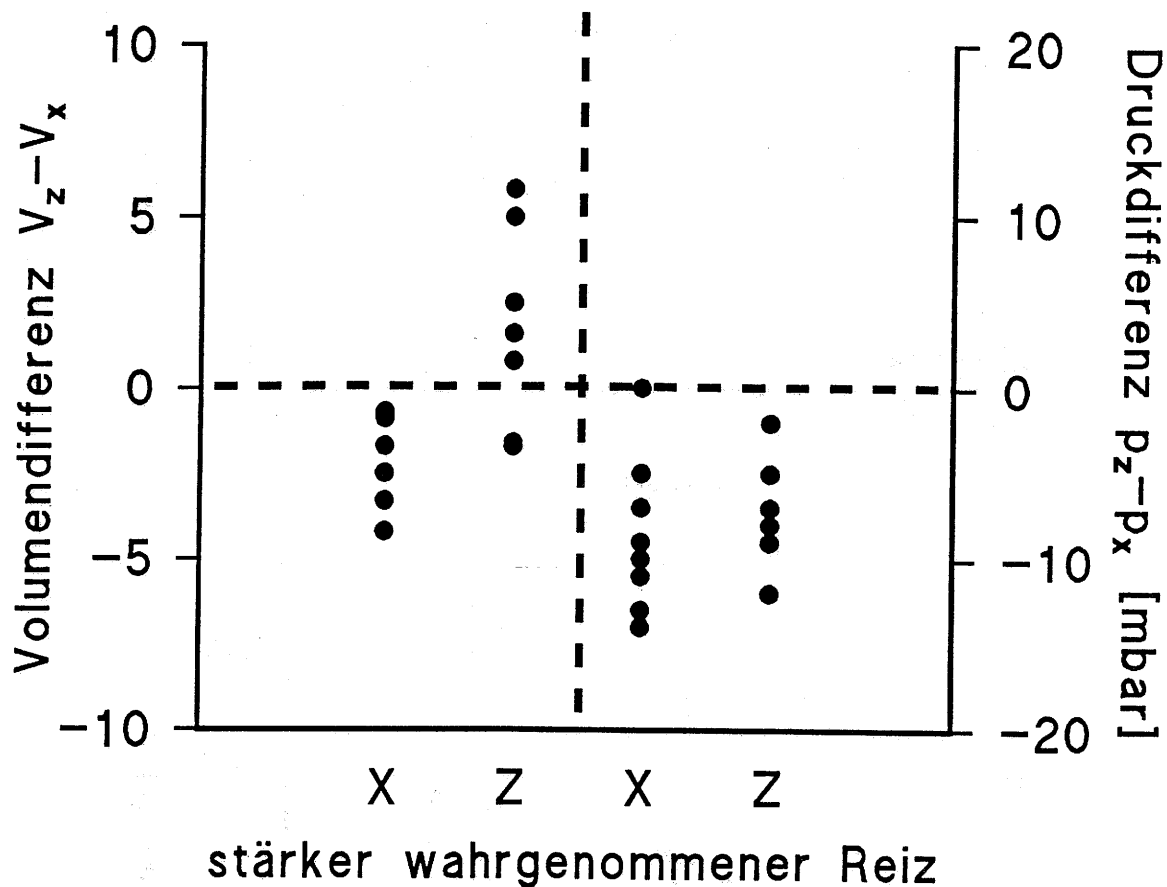


Abb. 4: Vergleich der Beiträge von Druck und Volumen zur subjektiven Reizintensität bei einer Vpn: aufgetragen ist jeweils die Differenz der physikalischen Dimensionen in den beiden Ballons für die Fälle $X > Z$ (subjektiv) und $X < Z$ (subjektiv). In diesem Beispiel waren die Reizvolumina der als stärker berichteten Reize signifikant höher als die der als kleiner berichteten. Bei den Druckwerten ist dagegen kein Unterschied zu sehen.

2.3.5. Auswertung

Für die vorliegende Studie wurden lediglich die physikalischen Reizdimensionen Volumen und Druck sowie die Antworten der Pbn ausgewertet. Als Reizvolumen wurde dabei das die Differenz des Ballonvolumens während des Reizes und vorher definiert, entsprechend der Reizdruck als Differenz des Ballondrucks während und vor dem Reiz. Die Schwellenwerte waren als Median der Reizvolumina bzw. -drücke der letzten 5 Reize eines Runs definiert.

3. Ergebnisse

3.1 Abhängigkeit der Absolutschwellen vom Reizort

Aus Abb. 5 ist zu ersehen, daß die Schwellenvolumina unabhängig vom Reizort sind (Abb. 5a, Median proximal xx ml, medial yy ml und distal zz ml, Unterschiede n.s.), während die Schwellendrucke monoton abnehmen (Abb. 5b, proximal 9 mbar, medial 7.5 mbar, distal 4.5 mbar, signifikant auf $p < .05$, Kruskal-Wallis H-Test).

3.2 Vergleich der Differenzschwellen mit den Absolutschwellen

Beim Vergleich der Mittelwerte von Entdeckungsschwellen und Diskriminationsschwellen (s. Tabelle 1) fällt wie oben die Unabhängigkeit beider vom Reizort auf. Außerdem erkennt man, daß die Diskrimination deutlich über den Entdeckungsschwellen liegen. Dies gilt natürlich besonders für die Diskrimination intern / intern (Verhältnis der Mittelwerte: 2.54 für $X(XZ)/X$ und 2.67 für $Z(XZ)/Z$, aber auch für die Diskrimination intern / extern (Verhältnis der Mittelwerte 1.48 für $M(MZ)/M$ und 1.64 für $Z(MZ)/Z$). Eine Korrelation von Diskriminations- zu Entdeckungsschwellen ergab für die Diskrimination intern / extern einen relativ hohen Pearson-Koeffizienten ($r = +0.52$ für $Z(MZ)$ sowie $r = +0.68$ für $M(MZ)$), während die Korrelationskoeffizienten für die Diskrimination intern / intern zusammenbrechen ($r = -0.17$ für $X(XZ)/X$ und $r = -0.16$ für $Z(XZ)/Z$). Der Koeffizient der gepoolten Werte für die Diskrimination intern / extern ist signifikant positiv ($p = 0.95$: $0.4 < r < 0.9$), der entsprechende Koeffizient für intern / intern nicht signifikant. Wegen der kleinen Fallzahlen (je 7) ist dieses Ergebnis nur vorsichtig zu interpretieren.

Diskrimination	Reiz in	Median	Mittelwert	SEM
intern / intern	X	8,35	8,49	0,58
	Z	8,90	8,11	0,96
	X(XZ)	17,20	21,55	4,54
	Z(XZ)	18,00	21,65	4,30
intern / extern	M	8,50	8,33	1,58
	Z	5,50	7,00	2,08
	M(MZ)	10,50	12,33	2,20
	Z(MZ)	7,00	11,50	4,10

Tab. 1: Entdeckungsschwellen und Diskriminationsschwellen im Vergleich. Alle Werte sind Volumina [ml]. X: proximaler Ballon, Z: distaler Ballon, M: externer Druckreiz. Die Verbundreize zur Untersuchung der Reirdiskrimination sind geklammert; so bedeutet z.B. X(XZ) Schwellenvolumen in X bei Diskrimination X vs. Z.

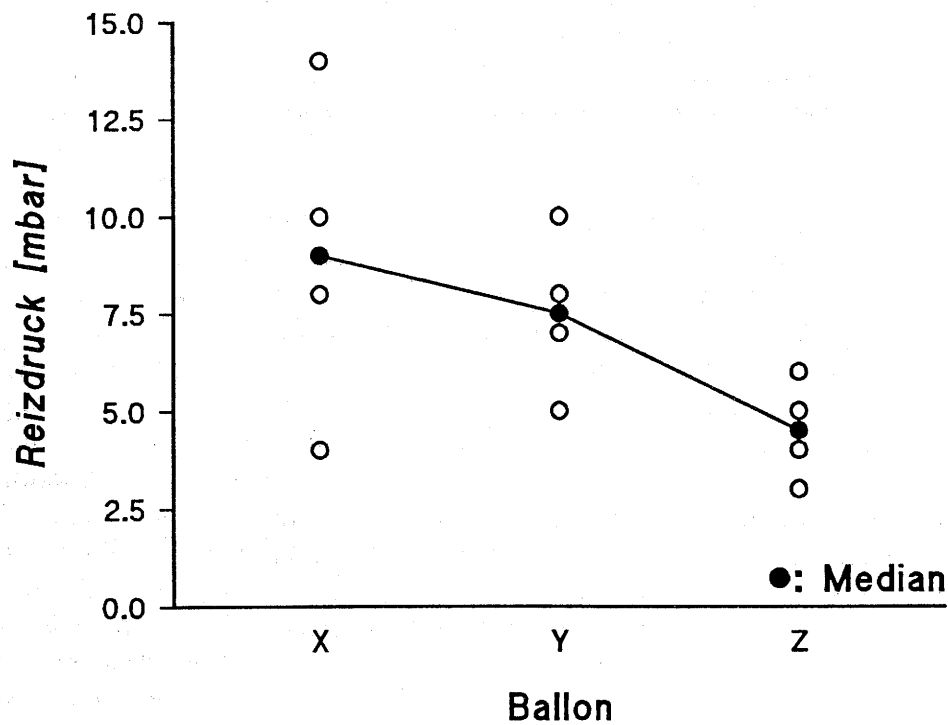
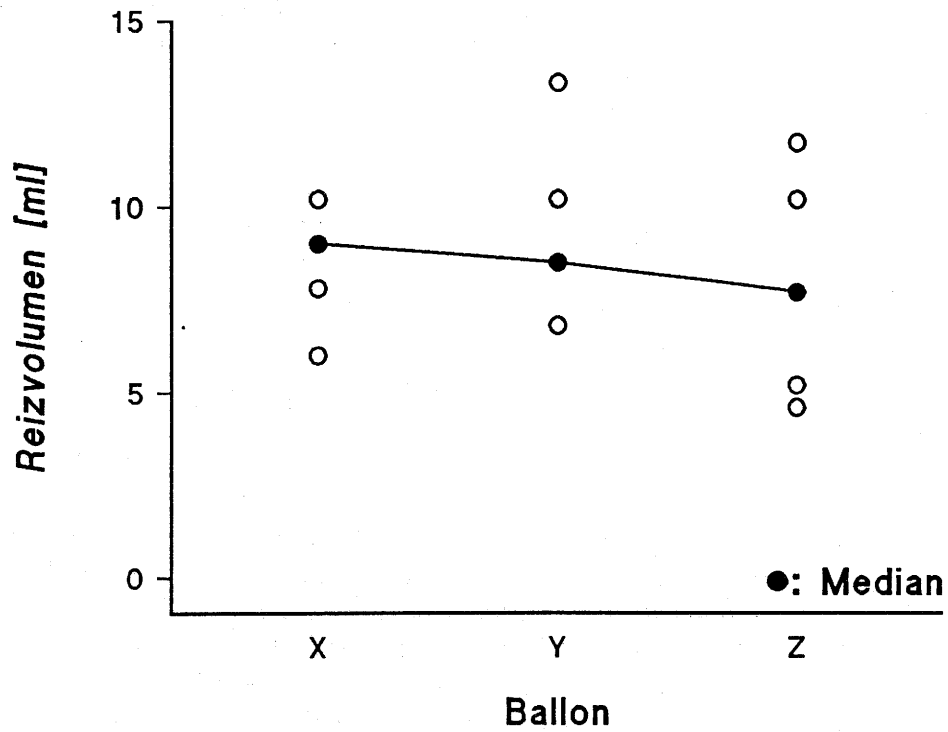


Abb. 5: Abhängigkeit der Absolutschwellen von der Lage des Ballons: während das Schwellenvolumen unabhängig vom Reizort ist (Abb. 6a), nimmt der Schwellendruck von proximal (X) nach distal deutlich ab (Z, Abb. 6b).

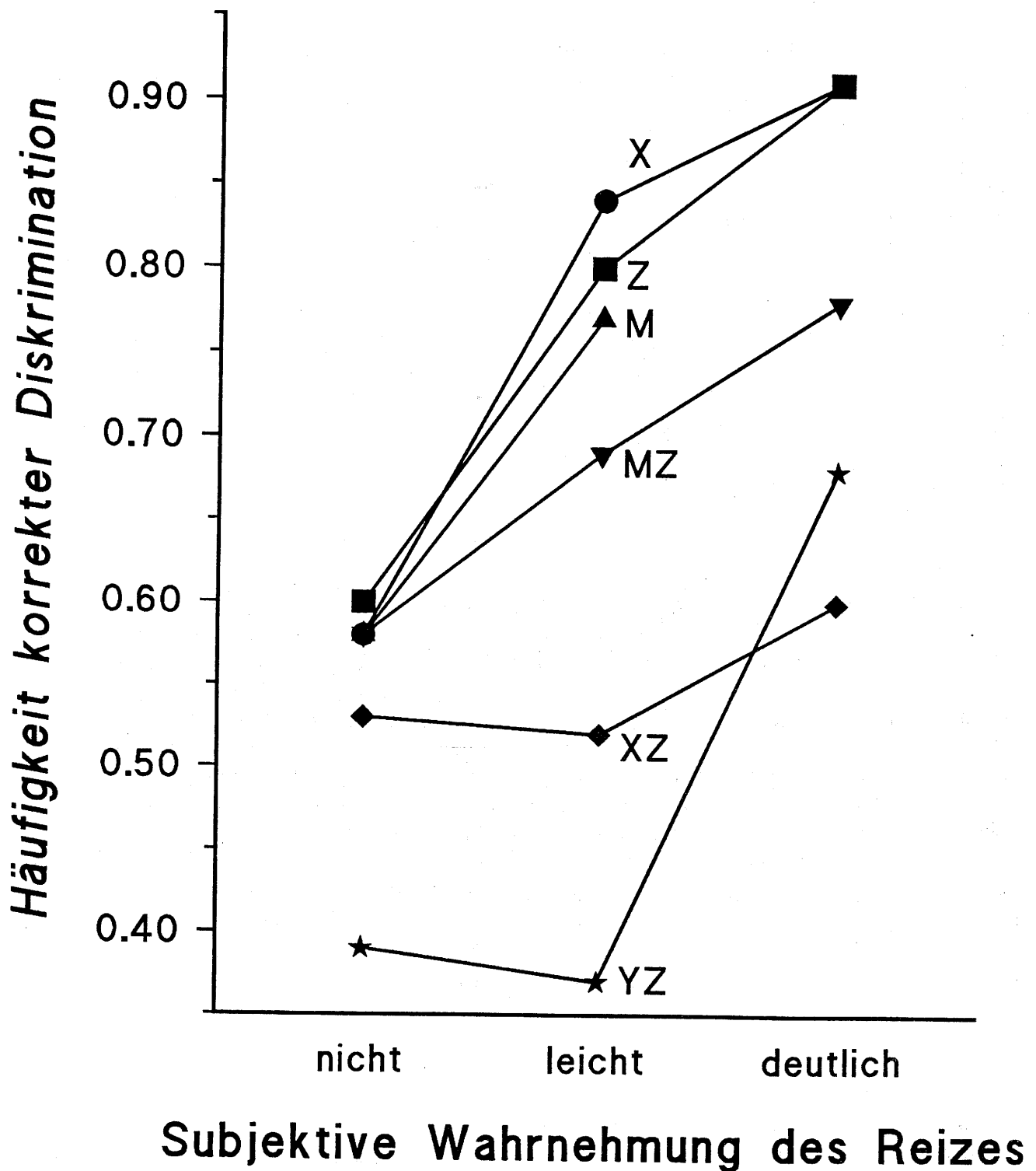


Abb. 6: Diskriminationsfähigkeit (relative Anzahl richtiger Antworten) als Funktion der subjektiven Wahrnehmungsurteile über die Reizintensität.

Bei Absolutschwellen (X,Z,M) und bei der Diskrimination intern/extern erfolgt schon beim Übergang von "nicht gespürt" auf "leicht" ein deutlicher Anstieg der Diskriminationsfähigkeit, die sich bei "deutlich" kontinuierlich fortsetzt (keine Urteile "deutlich" bei der abdominellen Reizung). Bei den Diskriminationsaufgaben intern/intern (lokale Diskrimination) ist die Diskrimination für "nicht gespürt" und "leicht" hingegen gleich niedrig und steigt erst für "deutlich" drastisch an (besonders klar bei der schwierigeren Diskrimination YZ = medial-distal)

3.4. Einfluß der subjektiven Intensität auf die Diskriminationsfähigkeit

Wenn man die relative Anzahl richtig als gleich oder verschieden lokalisierter Reizpaare als Funktion des subjektiven Intensitätsratings betrachtet (Abb. 6), dann fällt auf, daß diese Zahl bei der Entdeckungsaufgabe (X,Z,M) linear von kein "nichts gespürt" ($p=0.58$ bis 0.60 , je nach Kanal) über "leicht gespürt" ($p=0.78-0.84$, je nach Kanal) bis "deutlich gespürt" ($p=0.90$) ansteigen. Ähnlich ist das Ergebnis bei der Diskriminationsaufgabe intern/extern (MZ) mit $p=0.58$ für "nicht gespürt", $p=0.69$ für "leicht gespürt" und $p=0.78$ für "deutlich gespürt". Anders sind die Verhältnisse jedoch bei der Diskrimination intern/intern (proximal/distal, XZ). Die Werte für "nicht gespürt" ($p=0.53$) und "leicht gespürt" ($p=0.52$) sind praktisch gleich, eine Zunahme erfolgt erst auf der nächsten Ratingstufe "deutlich gespürt" ($p=0.60$). Dieser Unterschied wird noch deutlicher bei der schwierigeren Diskriminationsaufgabe medial/distal (YZ). Hier betragen die Werte 0.38 für "nicht gespürt", 0.36 für "leicht gespürt", aber 0.67 für "deutlich gespürt", die Zunahme der objektiv richtigen Urteile erfolgt also erst ab der dritten Ratingstufe.

4. Diskussion

Ziel dieser Studie war die Untersuchung von Randbedingungen, unter denen interozeptive bzw. extero-/interozeptive Konditionierungen funktionieren können. Unter den oben aufgeführten experimentellen Bedingungen gelang es in allen Fällen, eine Kopplung von Reizen gleicher sowie verschiedener Dimension im interozeptiven Bereich vorzunehmen. Der Beweis dafür wurde durch die erfolgreiche Bestimmung von Verbundschwellen erbracht und stellt eine wichtige Voraussetzung für zukünftige Experimente mit interozeptiver Konditionierung dar. Daneben erbrachte das Experiment einige wichtige Ergebnisse über die technischen Randbedingungen, wenn diese auch wegen der kleinen Fallzahl ($n=6$) mit Vorsicht zu handhaben sind. Die von proximal nach distal abnehmende Elastizität der Darmwand äußert sich in reduzierten Schwellendrücken distal bei konstanten Schwellenvolumina. Die Diskriminationsschwellen liegen etwa um den Faktor $1.5-2.5$ höher als die entsprechenden Entdeckungsschwellen, wobei der Unterschied bei den Diskriminationsschwellen intern/intern höher liegt als intern/extern. Der Zusammenhang zwischen Entdeckungsschwelle und Diskriminationsschwelle scheint bei der Kopplung intern/extern höher zu sein als bei intern/intern, was darauf hindeutet, daß interner und externer Reiz verschiedene Modalitäten darstellen, so daß Entdeckung und Diskrimination gleichzeitig erfolgen (daher auch der geringere Abstand von der Entdeckungsschwelle). Diese qualitativen Unterschiede scheinen sich auch im Zusammenhang von subjektivem Intensitätsrating und objektiver Diskrimination wiederzuspiegeln, wobei die Diskrimination bei der Entdeckungsaufgabe intern/extern linear mit der subjektiven Intensität ansteigt, die Diskrimination intern/intern jedoch erst ab einer gewissen Reizstärke zunimmt.

Trotz der offensichtlich unterschiedlichen Modalitäten des internen und des externen Reizes scheint es trotzdem Verwechslungsmöglichkeiten zu geben, da die Diskriminationsschwelle immer noch deutlich über der Entdeckungsschwelle liegt. Der Abstand beträgt Faktor 1.5 , was aber wegen der geringen Fallzahl noch nicht signifikant wird ($p=0.08$ für $M(MZ)/M$ bzw. $p=0.36$ für $Z(MZ)/Z$). Sollte sich aber bei weiteren Untersuchungen dieser Trend bestätigen, wäre er ein Beweis für die Kopplung der sensorischen Kanäle.

Literatur

- Adám, G., Preisich, P., Kukorelli, T., Kelemen, V.: Changes in human cerebral electrical activity in response to mechanical stimulation of the duodenum; *Electroenceph. clin. Neurophysiol.* 18 (1965), p. 409-411
- Cerulli, M.A., Nikoomanesch, P., Schuster, M.M.: Progress in biofeedback conditioning for fecal incontinence; *Gastroenterology* 76 (1979), S. 742-746
- Erasmus, L.-P.: Methoden gastrointestinaler Psychophysik: Methodik und Apparatur zur intrakolonischen und intrarektalen Interozeptionsmessung. Frankfurt a.M: Lang, 1991
- Erasmus, L.-P., Püll, O., Kratzmair, M., Hölzl, R.: Method and apparatus for pressure-controlled distension of the lower gastrointestinal tract and simultaneous recording of electric and contractile responses; Eingereicht zur Publikation bei: *Journal of Biomedical Engineering*
- Hefferline, R.F., Perera T.B.: Proprioceptive discrimination of a covert operant without its observation by the subject. *Science* 139 (1963) p. 834-835
- Hölzl, R., Erasmus, L.-P., Kröger, Ch.: Visceral hyperalgesia in Irritable Bowel Syndrome: altered bowel compliance explains lowered pain thresholds in diarrhea subgroups. In Vorbereitung
- Hölzl, R., Püll, O., Samay, S., Erasmus, L.-P.: Beziehungen zwischen Empfindung und Entscheidungsverhalten in der Wahrnehmung interozeptiver Afferenzen. In: Frey, D.: Bericht über den 37. Kongreß der Deutschen Gesellschaft für Psychologie in Kiel 1990, Band 1, S. 661-662. Göttingen: Hogrefe, 1990